



Proposta para Grupo de Trabalho

GT-EduFlow – *Eduroam e Handover em Redes OpenFlow*

Kelvin Lopes Dias

18 de agosto de 2014

1. Título

GT-EduFlow – Eduroam e Handover em Redes OpenFlow

2. Coordenador: Prof. Kelvin Lopes Dias

O proponente deste projeto é professor do Centro de Informática (CIn) e membro do programa de pós-graduação em Ciência da Computação da UFPE. O professor Kelvin é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq Nível 2 – PQ2 e já coordenou projetos do Edital universal - CNPq na linha de redes heterogêneas sem fio (editais de 2008 e 2010). Além disso, já coordenou projeto relacionado aos “Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil 2006-2016” referente ao Edital de 2007 do MCT-CNPq/CT-Info (2007-2009). Participou como pesquisador de dois GTs da RNP: GT – Computação Colaborativa (P2P) e da segunda fase do GT ReMesh (Redes em Malha sem fio). Foi gerente de projeto do convênio Ericsson-UFPE na linha de pesquisa de redes auto-organizáveis em 2011/2012. Participou dos projetos financiados pelo CTIC/RNP nas áreas de Virtualização de Redes e Cidades Inteligentes. O professor Kelvin tem experiência em protocolos e tecnologias para redes sem fio, QoS, QoE, Internet das Coisas, Redes definidas por Software e por Rádio (Rádios Cognitivos), OpenFlow e novas arquiteturas para a Internet do Futuro. Desde março de 2013, é diretor de redes e suporte computacional do Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI) da UFPE e sob sua diretoria estão os projetos relacionados às redes IP/telefonia e datacenter da instituição, composta por três campi: Recife, Caruaru e Vitória de Santo Antão. Como diretor no NTI, o prof. Kelvin coordena a célula-UFPE do projeto Science-DMZ (Zona Desmilitarizada Científica) da RNP.

Telefone: (81) 2126-8430

Emails: kld@cin.ufpe.br / kld@pq.cnpq.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8664169441117482>

Homepage: www.cin.ufpe.br/~kld

3. Resumo

Com o advento do paradigma SDN (*Software-Defined Networks*) e com penetração cada vez maior no mercado de equipamentos com a tecnologia OpenFlow (OF) é possível prover o suporte à mobilidade/*handover*, evitando-se alterar o núcleo da rede e os dispositivos móveis. Tendo em vista que várias instituições de ensino do Brasil estão adquirindo equipamentos com suporte ao OF, propomos uma solução baseada em SDN/OF com suporte à mobilidade transparente e integrada ao Eduroam. Este serviço integrado, **EduFlow**, poderá ser aplicado tanto no âmbito interno das instituições afiliadas à RNP, quanto estender a conectividade para *redecomep*, provendo continuidade da sessão em andamento para usuários móveis que acessam, por exemplo, os serviços *vídeo@RNP* e *fone@RNP*.

4. Duração do projeto: 12 meses

5. Sumário executivo

5.1. Motivação

Alguns GTs da RNP propuseram serviços relacionados à conectividade Wi-Fi (ReMesh [1], ReBUs [2], EduRoam [3]) ou ao gerenciamento dessas redes (SciFi [4]). Contudo, não é do conhecimento do proponente deste projeto que o *handover*, isto é, a troca de ponto de acesso (AP – *Access Point*) enquanto uma sessão do usuário está em andamento, tenha sido efetivamente atacada nestes GTs. O *handover* pode ocorrer tanto devido ao contexto do usuário quanto às necessidades na administração da rede em função do deslocamento do usuário que possui o terminal (em veículos), devido à necessidade de melhor aprovisionar QoS, mesmo para usuários estáticos (mudança de AP ou canal) ou, ainda, para que a rede realize o balanceamento e redistribuição de carga entre os APs da rede.

Além disso, as soluções apresentadas por estes GTs, apesar de usarem plataformas abertas e hardware de baixo custo, não se beneficiam do paradigma de Redes Definida por Software (SDN – *Software Defined Networking*), que permite combinar rede de produção e fatias (*slices*) da rede para fins outros, como teste de novos protocolos e novas funcionalidades, por exemplo, para melhor administrar e gerenciar a rede. Do ponto de vista do gerenciamento de redes Wi-Fi, esta nova visão implica na possibilidade de viabilizar uma plataforma, não apenas relacionada à mobilidade, mas também, às novas demandas que podem ser facilmente adicionadas a tal sistema por meio da programabilidade intrínseca às SDNs.

Além das necessidades de mobilidade dentro das próprias instituições, destacamos que, com a possibilidade de acesso sem fio a partir das redes metropolitanas (Redecomep), o suporte à mobilidade, QoS e balanceamento de carga serão fatores importantes para incentivar o acesso de usuários que podem usufruir da proposta sem a necessidade de alteração de software em seus dispositivos. Este projeto agregará mais funcionalidades aos usuários do Eduroam, por exemplo. Assim, usuários que se deslocam em ônibus, carros e, mesmo os pedestres, poderão requerer este tipo de mobilidade transparente sem quebras ou descontinuidades. A RNP poderá prover serviços via redes Wi-Fi, independente dos acessos 3G/4G disponibilizados pelas operadoras. Apesar de não ser o foco do projeto, nesta primeira fase, a solução aqui proposta, também poderá ser estendida para contemplar a mobilidade heterogênea, uma vez que as instituições e as rede metropolitanas disponibilizem acessos baseados em outras tecnologias, como WiMAX, por exemplo. A seguir apresentamos os blocos construtores de nossa proposta, bem como a solução a ser desenvolvida.

5.2. Gerenciamento de Mobilidade

Apesar da vastíssima literatura sobre gerenciamento de mobilidade nas diversas camadas da pilha TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) [5], serviços que usufruam efetivamente da mobilidade IP ainda não são difundidos nas

redes de acesso sem fio de provedores e operadoras. Um dos grandes entraves à penetração de serviços móveis decorre das constantes otimizações e alterações na pilha de protocolos que devem estar presentes nos dispositivos dos usuários que desejam usufruir da mobilidade entre diferentes pontos de acesso ou coberturas sem fio, bem como da excessiva sinalização na interface aérea requerida pelos protocolos atuais.

O PMIPv6 (*Proxy Mobile IPv6*), padronizado pelo grupo de trabalho NETLMM (*Network-based Localized Mobility Management*) do IETF [6] é uma solução para tal problema. Diferentemente dos protocolos existentes para o gerenciamento de mobilidade IP, tais como o IP Móvel versão 6 (MIPv6) [7], que são abordagens baseadas no *host*, no PMIPv6 é delegada à rede a responsabilidade de executar o procedimento de *handover*. O terminal utiliza apenas sua sinalização nativa L2, sem qualquer alteração no software que vem de fábrica. Nesta proposta de GT utilizaremos as ideias preconizadas pelo PMIP com o intuito de viabilizar a mobilidade baseada na rede, escalabilidade e transparência para o usuário.

5.3. Redes Definidas por Software

Uma das tecnologias promissoras para resolver o impasse/engessamento da Internet e viabilizar inovação na rede corresponde ao novo paradigma das redes definidas por software ou SDN (*Software- Defined Networking*), que permite programabilidade e a criação de redes virtuais e operação concomitante com o tráfego da rede de produção. A virtualização, no sentido amplo em computação, é uma estratégia para resolver muitos problemas e criar novos serviços. No caso de virtualização de redes, recursos podem ser divididos em fatias (*slices*), considerando cada roteador da rede como um elemento que pode ser virtualizado. Assim, um roteador pode executar múltiplas instâncias e, dessa forma, o substrato físico, a rede, pode executar múltiplas redes virtuais.

A virtualização surge para revolver vários problemas, como: escalabilidade, segurança, portabilidade, redução de custos, aumento da eficiência energética, confiabilidade, entre outros. Isso porque ela desacopla a função executada por um sistema de sua parte física. A virtualização de redes pode ser alcançada através de várias formas, como através da utilizando máquinas virtuais como roteadores ou da programação de redes, como é feito com o OpenFlow [8].

O OpenFlow é um padrão aberto que permite a criação de redes virtuais usando somente recursos L2, em switches Ethernet com tabelas de fluxo internas e uma interface padrão para adicionar e remover entradas de fluxos. Assim, torna-se viável o teste de novos protocolos em escala, usando os recursos das próprias redes de produção. Diversos dispositivos disponíveis no mercado já estão saindo habilitados para o padrão OpenFlow, incluindo switches e pontos de acesso sem fio.

6. Objetivos

Esta proposta objetiva desenvolver uma solução baseada na sinergia entre as ideias originais do PMIPv6 e o emprego de SDN via OpenFlow, com o intuito de criar um arcabouço baseado em software aberto e livre, flexível e de baixo custo para o

gerenciamento de mobilidade, QoS e para a administração/gerenciamento de redes Wi-Fi com integração aos serviços providos pela federação (CAFe) e Eduroam, bem como vídeo@RNP e fone@RNP. O projeto prevê a criação de um ambiente de gerenciamento do arcabouço baseado na web que possibilita acesso a estatísticas e controle da rede. O projeto também objetiva prover infraestrutura para viabilizar mobilidade como serviço.

7. Solução proposta

A Figura 1 mostra o arcabouço para a solução proposta. Os APs habilitados com OpenFlow estão conectados à rede através de um Switch OpenFlow de baixo custo. O Controlador OpenFlow fica localizado em um servidor de gerenciamento. Uma das contribuições deste GT é uma interface gráfica pela qual será possível gerenciar todos os APs. Este gerenciador será desenvolvido para WEB e adaptado para Smartphones e Tablets.

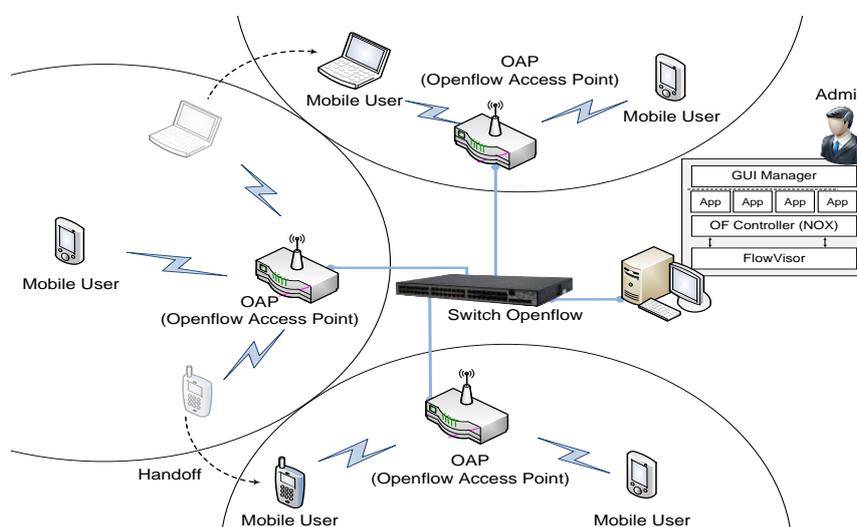


Figura 1. Arcabouço do GT-EduFlow.

Cada ponto de acesso (OAP/OpenFlow Access Point) possuirá o firmware modificado para instalação da distribuição OpenWRT, que é um sistema baseado em linux para roteadores. Além disso, o OpenFlow será instalado em conjunto com o OpenWRT. Desta forma, será possível criar fatias de redes separando os usuários que estão conectados no mesmo AP, dando maiores prioridades a usuários que estejam usando serviços com requisitos críticos de QoS, como videoconferência ou outros serviços da RNP como Video@RNP.

Apesar de, para prova de conceito, também termos a possibilidade de usar um desktop como o Switch OpenFlow, representado na Figura 1, uma vez já que temos um Switch Pronto com 48 portas habilitado com OpenFlow, adquirido pelo projeto ReVir (Redes Virtuais na Internet do Futuro) financiado pelo CTIC/RNP, utilizaremos este equipamento nos testes. Para a demonstração no WRNP, poderemos utilizar um desktop para este fim. Além disso, os testes serão feitos no campus da UFPE que acaba de adquirir roteadores/switches da Extreme Networks habilitados com a

tecnologia OF para o novo backbone de 40Gbps da instituição que deverá estar concluído até o final deste ano.

Outra contribuição deste trabalho é a priorização de QoS que será implementada na arquitetura. Os fluxos são agrupados e cada um possuirá uma determinada prioridade. A Figura 2 mostra como este serviço será implementado. Cada fluxo é agrupado em um determinado tipo, seguindo regras de mapeamento definidos pelo administrador do sistema. O Administrador também determina os requisitos de QoS para cada especificação de fluxo. Depois da configuração prévia, o sistema automatizará todo o processo.

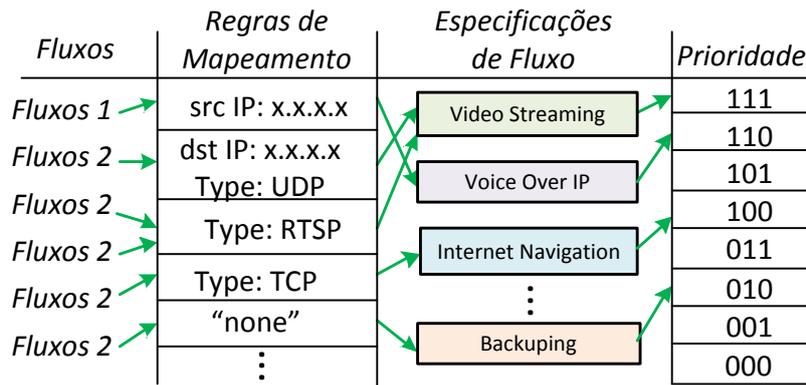


Figura 2. Agrupamento e Priorização de Fluxos.

O Administrador do sistema pode modificar as regras de mapeamento em tempo de execução. Desse modo, as prioridades dos fluxos podem ser adaptadas, dinamicamente aos requisitos de desempenho desejados. As regras e especificações de fluxo serão modificadas através de uma interface web (GUI Manager), apresentada mais adiante. Este controle fino dos fluxos, mostrado na Figura 2, será possível graças ao nível de granularidade de controle oferecido pelo OpenFlow..

7.1. GUI Manager

O *GUI Manager* será desenvolvido no âmbito do projeto a fim de tornar o gerenciamento mais simples e eficaz. Através da interface será possível: Acessar estatísticas da rede; criar um arcabouço baseado em políticas; Criar esquemas de monitoramento e alertas de limiares; detalhar informações sobre os switches da rede; detalhar informações sobre os pontos de acesso; gerenciar os fluxos instalados; criar um mapa de rede para todos os elementos instalados na rede; gerenciar aplicações do Controlador OpenFlow; bem como, criar e remover *slices* da rede. As funcionalidades do *Manager* não estarão restritas as estas apresentadas, sendo possível inserir novas no decorrer do desenvolvimento do sistema.

Outro elemento importante na arquitetura OpenFlow é o Flowvisor que permite criar *slices*, de forma a isolar porções da rede. Com o Flowvisor é possível criar *slices* e atribuir prioridades. Mas, atualmente, isto é feito estaticamente na inicialização do Flowvisor. Nossa proposta é desenvolver algo mais dinâmico, onde seria possível criar e destruir *slices*, migrar hosts entre *slices* e fornecer prioridades aos *slices* em tempo de execução. A Figura 2 exibe um cenário com a utilização de *slices*. Cada *slice*

possui uma prioridade de acordo com o que foi configurado estaticamente pelo administrador. Cada *slice* é uma versão virtual do ambiente físico com sua própria autonomia e um controlador específico. A Figura 2 mostra que um usuário utilizando um serviço de vídeo conferência pode ser alocado em um *slice* com maior prioridade e um usuário navegando na web em outro, com menor prioridade. Isso não é feito dinamicamente pelo Flowvisor. A nossa proposta consiste em inserir estes mecanismos de forma dinâmica, segura e intuitiva para o administrador da rede, ou de modo automática através de políticas.

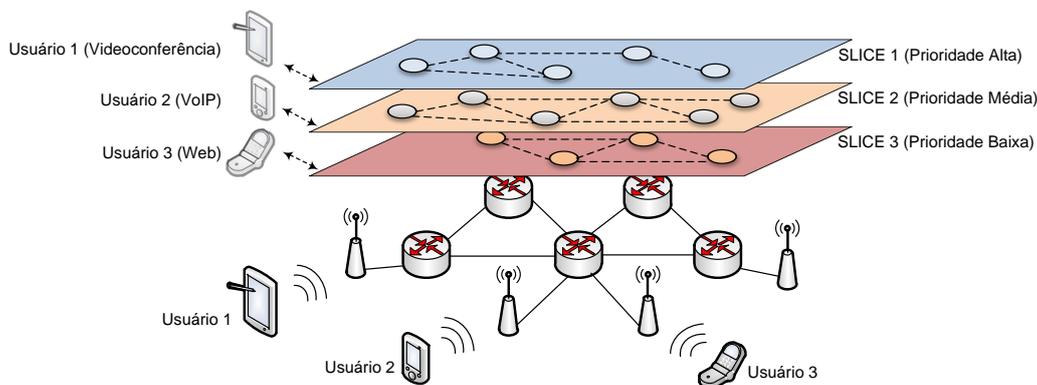


Figura 2. Slices do GT-EduFlow

O ambiente de gerenciamento possuirá campos para criação de políticas, por exemplo, caso algum um *slice* de alta prioridade não possui usuários, o sistema automaticamente libera temporariamente os recursos deste *slice* para outros usuários da rede, aumentando desta forma a qualidade de serviço fornecida aos *slices* de menor prioridade.

7.2. Integração com Eduroam

O Eduroam (*education roaming*) é um serviço de acesso sem fio seguro, desenvolvido pela TERENA (*Trans-European Research and Education Network Association*) para a comunidade internacional de educação e pesquisa. A iniciativa permite que estudantes, pesquisadores e as equipes das instituições participantes obtenham conectividade à Internet, através de conexão sem fio (Wi-Fi), dentro de seus campi e em qualquer localidade que ofereça essa facilidade como provedora de serviço.

Eduroam é baseado no protocolo IEEE802.1x [16] e usa servidores proxy RADIUS [17] hierarquicamente estruturados. Este GT pretende usar este serviço como meio de autenticação e autorização seguro, além disso, o serviço de gerenciamento de *handover* manterá ativa a conexão corrente dos usuários conectados ao Eduroam, enquanto se deslocam entre pontos de acesso dentro da instituição. Dessa forma, usuários conectados aos serviços da Federação não perceberão descontinuidade da aplicação caso tenham que mudar de ponto de acesso, seja por problemas de sinal/sobrecarga no ponto de acesso ao qual estão conectados, seja por questões de mobilidade ao mudar de sala ou se deslocar dentro da instituição ou ao longo da rede metropolitana utilizando em veículos/ônibus universitários ou, ainda, enquanto o usuário caminha entre salas de aula, restaurante ou departamentos da instituição. O serviço pode ser o vídeo@RNP, mas pode também ser o fone@RNP.

É importante notar que o processo *handover* L2 (IEEE 802.11), não garante a continuidade da sessão em andamento, uma vez que todos os procedimentos das camadas mais altas da pilha de protocolos talvez tenham que ser executados para o novo ponto de acesso (e.g., atribuição de um novo endereço IP, autenticação). Mesmo o emprego de protocolos para o gerenciamento de mobilidade IP tradicionais, não garantem essa transparência no *handover*, além de exigirem mudança na rede e nos dispositivos. Assim, uma solução baseada em SDN/OpenFlow pode ser bastante flexível devido à programabilidade da rede e em função da possibilidade de rápida redefinição de políticas de segurança e QoS.

8. Viabilidades técnica e ambiente de testes

O ambiente de gerenciamento será desenvolvido na linguagem PHP em conjunto com outras linguagens auxiliares como ActionScript, JavaScript entre outras para criar a dinamicidade necessária e usabilidade para o ambiente.

Os Pontos de acesso com OpenFlow habilitados serão desenvolvidos utilizando o sistema aberto OpenWRT[9] instalados nos roteadores Linksys WRT54GL [10], porém a solução pode ser facilmente utilizada em qualquer roteador que suporta a instalação do OpenWRT. No site do OpenWRT [9] pode-se encontrar uma lista de roteadores que suportam o sistema. Além disso, o projeto PANTOU [11] habilita o OpenFlow em qualquer AP que suporta o OpenWRT.

Para os switches OpenFlow será utilizado o Pronto 3290 [12], adquirido em projeto anterior. O Pronto é um dos switches com maior custo benefício mercado, ele vem com o sistema Pica8 [13]. O OpenFlow é habilitado no switch Pronto através da substituição do Pica8 pelo sistema open-source denominado Indigo[14].

Para a realização dos testes já possuímos um ambiente montado e funcionando, com um switch pronto 3290 de 48 portas, um switch 3com, três servidores de virtualização cada um com certa de 10 máquinas virtualizadas. O ambiente pode simular até 30 máquinas em uma rede. Possui ainda 2 Servidores IBM, 6 roteadores Linksys WRT54GL. Serão utilizados smartphones, tablets e notebooks com interfaces IEEE 802.11, solicitados por este projeto, tanto para os testes quanto para desenvolvimento. Para montar a infraestrutura de demonstração no WRNP serão necessários apenas dois ou três roteadores WRT54GL, um PC com mais duas ou três interfaces de rede para substituir o Switch Pronto, além dos dispositivos móveis.

Quanto ao gerenciamento de mobilidade, nosso grupo desenvolveu uma implementação do PMIPv6 que foi publicada em conferência e periódico. Publicou também a proposta chamada PMIPFlow (PMIPv6 + OpenFlow), melhor artigo do wperformance 2013, fruto de uma dissertação de mestrado. Outra dissertação, defendida em 2014, implementou o suporte à mobilidade OpenFlow na versão 1.3 utilizando o controlador Ryu mantendo o princípio fim-a-fim, sem alterar o núcleo da rede.

9. Referências

- [1] GT Remesh, disponível em: <http://www.rnp.br/pd/gts2005-2006/mesh.html>
- [2] GT ReBUs, disponível em: http://www.rnp.br/pd/gts2010-2011/gt_rebus.html
- [3] GT EduRoam, disponível em: <http://www.midiacom.uff.br/eduroam-br/>
- [4] GT SciFi, disponível em: <http://www.rnp.br/pd/gts2011-2012/GT-SCI.html>
- [5] I.F. Akyildiz, J. Xie and S. Mohanty, A survey of mobility management in next-generation all-IP-based wireless systems, *IEEE Wireless Communications* **11** (2004) (4), pp. 16–28.
- [6] Gundavelli S, Leung K, Devarapalli V, Chowdhury K, Patil B (2008) Proxy Mobile IPv6. IETF RFC 5213.
- [7] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, “Mobility Support in IPv6”, IETF RFC 3775, June 2004.
- [8] Nick McKeown et. “OpenFlow: enabling innovation in campus networks”. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. April de 2008, Vol. 38, 2, pp. 69-74.
- [9] OpenWRT, disponível em: <https://openwrt.org/>
- [10] Linksys WRT54GL, disponível em: <http://homesupport.cisco.com/en-us/support/routers/WRT54GL>
- [11] Pantou : OpenFlow 1.0 for OpenWRT, disponível em: <http://www.OpenFlow.org/wk/index.php/Pantou : OpenFlow 1.0 for OpenWRT>
- [12] Pronto 3290, disponível em: <http://www.pica8.org/products/p3290.php>
- [13] Pica8, disponível em: <http://www.pica8.com/>
- [14] Indigo (Open Source OpenFlow Switches), disponível em: <http://www.OpenFlowhub.org/display/Indigo/Indigo+-+Open+Source+OpenFlow+Switches;jsessionid=EB2A74C8F6ADE7B38D39F397C6ABE73F>
- [15] Simtur (Sistema Inteligente para Monitoramento de Tráfego Urbano), Projeto CTIC/RNP, disponível em: <http://projeto.unisinos.br/simtur/>
- [16] IEEE802.1X, <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1x.html>
- [17] C. Rigney, S. Willens, A. Rubens and W. Simpson, “Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS),” IETF RFC2865 (June 2000).